



Info Santé Environnement Intérieur

N°20
Octobre 2007

Bulletin de veille scientifique conçu et réalisé par le réseau RSEIN, *Recherche Santé Environnement Intérieur*, grâce à des financements du Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, du Ministère de la santé, de la jeunesse et des sports et de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

ÉDITO

Humidité dans les logements : un phénomène sous-estimé, un problème de santé publique

« L'humidité est le défaut le plus fréquent des logements » ⁽¹⁾. Telle est la conclusion de l'« Enquête logement » de l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE) réalisée en 2002. D'après les réponses des occupants, un quart des logements avait des signes d'humidité au jour de l'enquête. Il s'agit de la première enquête INSEE comportant une question sur ce thème. L'analyse par techniques statistiques multivariées, portant sur 32 000 logements choisis de manière aléatoire sur l'ensemble du parc de logements du territoire métropolitain, montrait que l'excès d'humidité était lié à 3 types de variables : tout d'abord aux caractéristiques du bâtiment (type de logement, date de construction, survenue d'un dégât des eaux au cours des 12 derniers mois, absence de cave ou de vide sanitaire, enfin état général du bâtiment), ensuite à des variables socio-économiques (jeune âge des occupants, bas niveau de revenus, sur-occupation du logement et occupation de ce logement depuis peu de temps) et enfin à des variables météorologiques (précipitations et températures moyennes) ⁽²⁾.

L'excès d'humidité relève le plus souvent d'un défaut d'aération du logement. Sait-on que, pendant une durée de 24 heures, une famille de 4 personnes émet en moyenne dans l'air ambiant 6 à 8 litres de vapeur d'eau provenant des activités domestiques et de la respiration des occupants ? Cette vapeur d'eau se condense sur les surfaces plus froides du logement, comme les vitrages, les encadrements des fenêtres et les murs mal isolés situés sur les façades exposées au nord. Ces surfaces tendent à se couvrir de moisissures et sont également le siège de prolifération des acariens. Les moisissures ont un impact sanitaire lié d'une part à leur pouvoir allergisant, d'autre part, pour certaines d'entre elles, fort probablement, à la production de toxines pro-inflammatoires appelées mycotoxines. Les allergènes d'acariens représentent, quant à eux, un facteur bien connu d'aggravation de l'asthme et de la rhinite allergiques.

Que faire devant un tel problème de santé publique ? Les « conseillers habitat-santé », capables d'identifier ce type de problèmes, peuvent aider à la mise en place de mesures d'éradication de l'humidité. De façon générale, ces conseillers ont un rôle déterminant dans la lutte contre les risques sanitaires liés à l'habitat. À notre connaissance, seules trois études rapportant l'impact de telles interventions ont été publiées ⁽³⁻⁵⁾. Parmi celles-ci, l'étude conduite en France ⁽³⁾ a consisté à envoyer, à la demande du médecin traitant ou du médecin spécialiste, une équipe de deux conseillers habitat-santé au domicile des patients dont on ne pouvait penser que leur état de santé était négativement influencé par leurs conditions de logement. Sur 328 familles ayant bénéficié de cette évaluation des risques domestiques, 44 % avaient des moisissures, 32 % une forte concentration d'allergènes d'acariens et 12 % un taux élevé de composés organiques volatils. Une enquête téléphonique auprès de ces familles a montré que, suite à cette évaluation, 60 % des logements ont fait l'objet de travaux. L'efficacité de cette intervention a été considérée par les familles comme complète dans 3 % des cas, presque complète dans 31 %, partielle dans 56 % et nulle dans 10 % des cas. Ces études demandent à être affinées pour déterminer, en fonction des types d'habitat et de projet de réhabilitation, la stratégie d'évaluation et de correction des risques sanitaires la plus adaptée. Il reste aussi à faire l'évaluation coût-bénéfice de ces différentes stratégies.

Denis CHARPIN, Service de pneumologie-allergologie, hôpital Nord et IFR 112 Pôle méditerranéen des sciences de l'environnement, Marseille

Alain JACQUOT, Division Logement, Institut national de la statistique et des études économiques, Paris

Références en page suivante

- (1) Chesnel H. La qualité des logements. L'humidité est le défaut le plus fréquent. Insee Première. N°971, juin 2004.
- (2) Charpin D, Charpin-Kadouch C, Jacquot A. Prevalence and risk factors for damp housing: Results from the French 2002 housing survey. Direction des statistiques démographiques et sociales. Institut national de la statistique et des études économiques, Document de travail N° F0703, 2007.
http://www.insee.fr/fr/nom_def_met/methodes/doc_travail/docs_doc_travail/F0703.pdf
- (3) Charpin-Kadouch C, Mouche JM, Quéral J *et al.* Housing and health counselling: preliminary result of a new medical referral system in France. Environ Res 2007; 103: 149-153.
- (4) Hynes HP, Brugge D, Watts J, Lally J. Public health and the physical environment in Boston public housing: a community based survey and action agenda. Plann Pract Res 2000; 15: 31-49.
- (5) Klitzman S, Caranavos J, Belanoff C, Rothenberg I. A multihazard, multistrategy approach to home remediation: Result of a pilot study. Environ Res 2005; 99: 294-306.

SOMMAIRE

Substances → p2 ; Lieux de vie → p4 ; Effets sanitaires → p7 ; Expologie – Évaluation des risques → p11 ; Informations diverses → p15

Les astérisques renvoient aux termes du glossaire. → p18

Le présent bulletin rassemble les analyses faites par les experts du réseau RSEIN, de travaux scientifiques récents sélectionnés pour leur intérêt scientifique. Le lecteur est invité à se reporter à la liste de tous les articles recueillis pour l'élaboration de ce numéro disponible sur le site Internet du réseau RSEIN : <http://rsein.ineris.fr>. Le lecteur est également invité à consulter le texte intégral de chaque article analysé.



SUBSTANCES

Production d'ions et de nano-aérosols durant la combustion d'une bougie

Source : Wright M.D., Fews A.P., Keitch P.A. and Henshaw D.L. ; Small-ion and nano-aerosol production during candle burning: size distribution and concentration profile with time ; Aerosol Science & Technology, 41(5) [2007]: 475-484.

Article analysé par : Olivier RAMALHO, Centre scientifique et technique du bâtiment – CSTB ; olivier.ramalho@cstb.fr

Les particules ultrafines, au travers de leur importante surface spécifique, sont de plus en plus associées à des effets respiratoires et cardio-vasculaires lorsqu'elles sont inhalées. Les processus de combustion produisent un grand nombre de particules ultrafines et notamment des précurseurs de suies de diamètre inférieur à 10 nm présentant des coefficients de coagulation faibles et donc des temps de résidence plus longs. Les auteurs se proposent d'étudier la formation de ces précurseurs et d'espèces ioniques par la flamme d'une bougie, dans une gamme de tailles comprises entre 0,4 nm et 1,1 µm.

Les auteurs ont cherché à caractériser l'émission de particules au travers d'un spectromètre à mobilité ionique (ACIMS : *Aspiration condenser ion mobility spectrometer*), permettant de détecter des ions et nano-aérosols entre 0,4 et 15 nm et d'un classifieur à mobilité électrique (SMPS : *Sequential mobility particle sizer*), combiné à un compteur à noyaux de condensation assurant la détection de particules entre 10 nm et 1,1 µm. Les expérimentations ont été réalisées avec une bougie en paraffine qui brûle durant 3 heures dans une pièce de 54 m³. Les données issues de l'ACIMS supposent que chaque

particule ne porte qu'une seule charge. Durant la combustion, la proportion de particules portant deux charges ou plus peut être supérieure à celle attendue, ce qui peut conduire à une surestimation du comptage.

Le niveau de fond de l'air intérieur se caractérise par la présence d'espèces ioniques de 0,6 (ions négatifs plus mobiles) à 1 nm de diamètre (ions positifs). La flamme de la bougie produit un grand nombre de particules dans le domaine 2,5-9 nm (1,1-2 nm avec ventilateur). Les espèces ioniques de plus petite taille disparaissent en s'attachant à ces particules. Une modification des conditions aérauliques autour de la flamme modifie la taille des ions émis. La distribution en taille mesurée par le SMPS se caractérise par un mode principal autour de 20 nm et un mode secondaire vers 200 nm. L'utilisation d'un ventilateur derrière la flamme déplace le premier mode vers des diamètres plus petits.

L'étude met en évidence une distribution trimodale des particules émises par une bougie : un mode à 2,5-9 nm (précurseurs de suies), le mode principal autour de 10-30 nm (combustion efficace) et un autre mode à 100-300 nm (combustion inefficace).

La combustion d'une flamme produit un nombre important de particules et d'aérosols chargés. L'étude ne permet pas de déterminer si la mesure par ACIMS est due à une augmentation effective du nombre de particules ou à un accroissement de la proportion de particules chargées. Des charges supplémentaires augmentent la fraction de particules déposées dans les poumons, mais il est probable que la dose dépende plus du nombre de particules que de leur charge. Cette hypothèse est confortée par le fait que la fraction déposée des particules de diamètre inférieur à 10 nm représente plus de 95 %, et ce, quel que soit leur état de charge. Pour quantifier l'effet, il est nécessaire de connaître l'état de charge de l'aérosol en comparant la concentration totale de particules obtenue avec les deux instruments sur le même domaine de taille.

Commentaires

Cette étude est originale dans la caractérisation de nanoparticules à des niveaux pratiquement moléculaires (0,4 nm). La mesure, et notamment la relation entre la mobilité électrique et la distribution en taille, est dépendante de l'hypothèse que les particules sont monochargées, une hypothèse difficile à vérifier dans les processus de combustion pour ce domaine de taille. L'étude met également en avant l'influence des paramètres aérauliques autour de la flamme sur les émissions de particules et d'ions. Accroître le nombre de charges augmente la vitesse de dépôt des particules dans les poumons, mais également sur l'ensemble des surfaces. Il est dès lors difficile de déterminer l'impact final sur la dose reçue contrairement à ce qu'indiquent les auteurs. L'étude focalisée sur une seule source de combustion reste difficile à généraliser. Elle a toutefois le mérite d'accroître l'étendue des connaissances sur les précurseurs de suies, qui en s'agglomérant vont former des particules plus grosses de quelques dizaines à quelques centaines de nanomètres.



SUBSTANCES

Caractéristiques physiques des nanoparticules émises lors de la combustion d'encens

Source : See S.W., Balasubramanian R. and Joshi U.M. ; Physical characteristics of nanoparticles emitted from incense smoke ; Science & Technology of Advanced Materials, 8(1-2) [2007]: 25-32.

Article analysé par : Olivier RAMALHO, Centre scientifique et technique du bâtiment – CSTB ; olivier.ramalho@cstb.fr

L'utilisation d'encens, fortement ancrée dans les cultures indienne et asiatique, est très souvent associée à de nombreux polluants gazeux et particulaires. La génotoxicité de la fumée d'encens serait comparable sinon supérieure à celle de la fumée de tabac. Les précédentes études caractérisant les particules de la fumée d'encens se sont focalisées sur les niveaux de concentrations en masse des particules totales, PM₁₀* ou PM_{2,5}*. Cette étude a comme objectif de caractériser l'émission en nombre et la distribution en taille de particules émises par la combustion de différentes marques d'encens fréquemment utilisées lors de cérémonies religieuses.

La caractérisation de quatre différentes sortes de bâtonnets d'encens a été réalisée dans une enceinte parallélépipédique d'environ 1 m³, munie d'un ventilateur pour homogénéiser le volume. L'expérimentation a été réalisée sans renouvellement d'air. Quatre bâtonnets du même

type sont allumés à l'extérieur de l'enceinte, puis introduits de sorte à former un carré de 15 cm de côté. Les expérimentations ont été répétées 5 fois pour chaque type d'encens. Le prélèvement a été réalisé au centre de l'enceinte à l'aide d'un classifieur à mobilité électrique (*Fast Mobility Particle Sizer*, FMPS 3091, TSI Inc.) avec un pas de temps de 1 seconde. La gamme de diamètres pris en compte va de 5,6 à 560 nm, répartie en 32 canaux. La mesure prend en compte 30 minutes de bruit de fond, un cycle complet de combustion et 60 minutes après l'extinction. Un modèle de conservation de masse à un compartiment a été utilisé pour déterminer le taux d'émission des particules en nombre avec comme hypothèse des taux d'émission et de décroissance constants. La fraction déposée dans les poumons a également été déterminée en supposant une exposition d'un individu à la combustion d'un bâtonnet d'encens pendant 1 heure.

Les concentrations maximales atteintes en enceinte varient de 1.10^6 à $2,5.10^6$ particules.cm⁻³ suivant le type d'encens. La majorité des particules émises (94-99 %) présente un diamètre supérieur à 50 nm. Le diamètre modal varie entre 93 et 143 nm, écarts attribués aux différentes finesses de grains constituant l'encens (vérifiées au microscope électronique à balayage). La distribution en taille de particules reste stable tout au long de la combustion de l'encens. L'émission en nombre de particules est de l'ordre de 0,5 à $1,5.10^{13}$ particules.h⁻¹ (soit 0,4 à $1,2.10^{13}$ particules.g⁻¹ d'encens brûlé). La fraction déposée dans les poumons, calculée en supposant que l'ensemble des particules émises est inhalé, est comprise entre 20 et 30 %.

Les auteurs comparent leurs résultats à ceux obtenus pour différentes activités et considèrent que les émissions de particules induites par la combustion d'un seul bâtonnet d'encens est comparable à celle associée à la fumée de tabac ou aux activités de cuisson. L'exposition continue et prolongée à la fumée d'encens peut engendrer des effets sanitaires et doit être réduite au minimum notamment par une bonne ventilation des locaux. Les encens produisant le moins de particules ultrafines sont à privilégier.

Commentaires

L'étude se base sur des encens utilisés lors de cérémonies religieuses, mais elle peut être étendue à l'ensemble des encens disponibles sur le marché. C'est un article de référence dans la caractérisation en nombre des particules ultrafines par la combustion d'encens. Néanmoins, certains choix méthodologiques sont discutables. La nature des parois de l'enceinte n'est pas spécifiée. Elle peut jouer un rôle notamment dans les pertes de particules par sédimentation ou diffusion. L'utilisation de l'enceinte sans renouvellement d'air tend à maximiser les interactions contrairement aux situations réelles. La conséquence immédiate est une réduction du nombre de nanoparticules et une évolution du diamètre vers le mode d'accumulation. Toutefois, dans le cas de l'encens, présentant un mode de combustion lent sans flamme (*smouldering*), cela devrait être négligeable. La méthode de calcul de l'émission est approximative et les hypothèses pas forcément vérifiées. L'aspect quantitatif de l'étude serait à revoir en incluant des incertitudes.

À lire également :

Nicolas M., Ramalho O. and Maupetit F. ; Reactions between ozone and building products: Impact on primary and secondary emissions ; Atmospheric Environment, 41(15) [2007]: 3129-3138.

Giovannangelo M., Nordling E., Gehring U. *et al.* ; Variation of biocontaminant levels within and between homes - the AIRALLERG study ; Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 17(2) [2007]: 134-140.

Hui P.S., Wong L.T. and Mui K.W. ; Evaluation of professional choice of sampling locations for indoor air quality assessment ; Building and Environment, 42(8) [2007]: 2900-2907.



LIEUX DE VIE

Localisation des sources de polluants en environnements intérieurs par méthode CFD inverse

Source : Zhang T.F. and Chen Q. ; Identification of contaminant sources in enclosed environments by inverse CFD modeling ; Indoor Air, 17(3) [2007]: 167-177.

Article analysé par : Marc ABADIE, Laboratoire d'étude des phénomènes de transfert appliqués au bâtiment – LEPTAB, Université de La Rochelle ; marc.abadie@univ-lr.fr

Détecter rapidement l'emplacement d'une source de polluant dans un environnement intérieur tel que la cabine d'un avion ou la salle d'un bâtiment, est primordial afin de remédier à cette pollution par la mise en place d'actions appropriées. La présente étude montre comment il est possible de déterminer

la localisation et le débit d'une source de polluant par la résolution, par méthode inverse, du transport du contaminant à partir de l'utilisation du champ de concentration comme condition initiale et de la connaissance des conditions limites du problème.

De nombreux problèmes d'écoulement d'air et/ou de transport-diffusion de contaminants en environnement fermé sont actuellement couramment résolus grâce à la mécanique des fluides numérique (*Computational Fluid Dynamics* ou CFD). Prédire la distribution du champ de concentration d'un polluant (« l'effet ») requiert la connaissance des conditions limites, des conditions initiales, des propriétés thermophysiques et de la géométrie du domaine étudié (« la cause »). Habituellement, la CFD* traite de l'étude directe de la relation entre cause et effet. La modélisation inverse consiste, quant à elle, à déterminer certains éléments de la cause à partir de la connaissance de l'effet. La difficulté majeure du calcul à rebours du champ de concentration d'un contaminant réside essentiellement dans l'instabilité numérique. Ainsi, l'équation de transport-diffusion du polluant doit être modifiée de manière à y introduire une variable additionnelle stabilisatrice, ce qui modifie « légèrement » la solution obtenue. Deux configurations sont ici étudiées : le domaine bidimensionnel de la cabine d'un avion, dans lequel les vitesses élevées d'écoulement d'air privilégient le transport convectif du polluant, et le domaine tridimensionnel d'un bureau pour lequel la diffusion du polluant est plus prononcée.

Dans les deux cas d'étude, la géométrie et l'écoulement d'air sont supposés constants et seule la concentration de polluant évolue au cours du temps. La CFD* a tout d'abord été utilisée dans le sens direct afin d'obtenir le champ de concentration du polluant à un instant $t > 0$. A partir de la connaissance de ce champ à $t = 6$ s et de l'écoulement d'air, la localisation de la source ponctuelle de polluant est bien retrouvée par la méthode inverse. En utilisant le champ à $t = 16$ s comme donnée initiale, un résultat un peu moins précis a été obtenu. Pour ce dernier cas, la connaissance de l'évolution de la concentration au niveau des bouches d'extraction est une information cruciale puisqu'une partie du polluant a eu le temps de sortir de la cabine pendant ce laps de temps. En pratique, le temps initial d'injection du polluant est

inconnu et seule l'analyse critique du résultat permet d'écarter les solutions incohérentes. Ainsi, remonter le temps jusqu'à $t = -2$ s montre une source en amont (au-dessus) de la bouche d'extraction, solution impossible si aucune concentration n'a été précédemment mesurée au niveau de cette bouche. Enfin, les résultats concernant les champs de concentration (et non seulement les maxima), ainsi que la localisation de la source pour le bureau sont entachés d'une plus grande imprécision.

La modélisation CFD* inverse peut permettre de déterminer la localisation de la source d'un polluant. Cependant l'évaluation du débit de la source et du champ de concentration n'est qu'approximative, puisque l'équation utilisée diffère de l'équation réelle de transport-diffusion du contaminant. La précision de cette méthode dépend très fortement de la connaissance du champ de concentration initial, du temps écoulé depuis le début de l'émission de polluant, ainsi que des conditions limites. Enfin, si cette méthode fonctionne très efficacement pour des écoulements plutôt convectifs, son utilisation pour des cas où la diffusion moléculaire et/ou turbulente prédomine est beaucoup plus incertaine.

Commentaires

La présente étude décrit une méthode permettant de localiser la source d'un polluant dans un environnement intérieur. Au travers de deux cas d'étude, les auteurs montrent clairement que cette méthode est très bien adaptée pour des cas où le transport convectif du polluant domine. En revanche, pour des cas à forte dominance diffusive, les résultats restent plus incertains. On note également l'extrême dépendance de la méthode vis-à-vis du temps écoulé depuis la génération du polluant. Enfin, on peut regretter que les auteurs n'aient pas montré l'efficacité de cette méthode lorsque la connaissance du champ de concentration en polluant n'est que partiellement acquise par des sondes de mesures et qu'une analyse de l'influence du nombre et de la localisation de ces points de mesure ne soit pas incluse dans la présente étude.



LIEUX DE VIE

Estimation du potentiel de ventilation naturelle en considérant le confort thermique et la qualité de l'air intérieur

Source : Luo Z., Zhao J., Gao J. and He L. ; Estimating natural-ventilation potential considering both thermal comfort and IAQ issues ; Building and Environment, 42(6) [2007]: 2289-2298.

Article analysé par : Jean-Jacques Aké Ahiman AKOOUA, Centre scientifique et technique du bâtiment – CSTB ; ake.akoua@cstb.fr

Le concept de potentiel de ventilation naturelle (noté *NVP*) permet d'évaluer la capacité de cette

ventilation à garantir une bonne qualité de l'air intérieur (QAI).

Le modèle numérique le plus récent de *NVP* a été développé par Yang *et al.* en 2005 ⁽¹⁾. Il consiste à comparer le tirage naturel effectif, incluant le tirage thermique et les effets du vent, à la différence de pression nécessaire pour garantir une qualité de l'air dans les bâtiments résidentiels satisfaisante au regard des critères de l'ASHRAE* ⁽²⁾, tenant compte de la présence des occupants et des sources de pollution du bâtiment.

Si le tirage naturel effectif est supérieur (ou inférieur) à la différence de pression nécessaire pour garantir la QAI*, cela indique un effet positif (ou négatif) de la ventilation naturelle. Cette évaluation est cependant conduite en faisant l'hypothèse que la température intérieure est constante et fixée à 22°C. Ceci est en contradiction avec le fait que dans une situation de ventilation naturelle, particulièrement en dehors de la saison de chauffe ou bien en climat tropical, la température intérieure dépend directement de la température de l'air ambiant extérieur et d'autres paramètres météorologiques (vitesse du vent par exemple). L'objectif de l'étude de Luo *et al.* est de définir et de tester une nouvelle méthode d'évaluation du potentiel de ventilation naturelle qui soit plus conforme aux caractéristiques de cette dernière.

Dans la méthode numérique proposée, la température de l'air intérieur est le résultat d'un calcul et non une constante, modélisée en utilisant le principe de conservation de l'énergie (les apports et productions énergétiques sont égaux aux déperditions). Une comparaison entre la différence de pression effective du tirage naturel et la différence de pression requise pour une qualité de l'air satisfaisante dans le bâtiment est ensuite menée comme dans la méthode de Yang *et al.*, permettant de conclure si la ventilation naturelle est suffisante ou non. En outre, cette nouvelle méthode permet de prendre en compte la notion de confort thermique. Les auteurs proposent en effet d'utiliser comme référence la température intérieure de confort définie par Richard de Dear ⁽³⁾ ; ils vérifient que la température intérieure calculée est dans le domaine d'obtention du confort thermique. Si tel est le cas, la ventilation naturelle permet de garantir à la fois une bonne QAI* et le confort thermique. Enfin, afin d'appréhender de façon globale le potentiel de ventilation naturelle, les auteurs définissent l'indicateur PDPH (*Pressure Difference Per*

Hour), qui comptabilise le nombre de fois où la ventilation naturelle garantit une QAI* satisfaisante et où simultanément la température intérieure est comprise dans la zone de confort thermique.

Les auteurs ont appliqué cette nouvelle méthode d'évaluation du *NVP* à différentes zones climatiques contrastées de Chine : les régions de Urumqi (climat froid rigoureux), de Pékin (climat froid), de Shanghai (été chaud et hiver froid) et de Guangzhou (été chaud et hiver doux). Pour chacune de ces régions, la somme des heures de l'année où la ventilation naturelle permet de garantir à la fois la QAI* et le confort thermique est déterminée. Les auteurs trouvent ainsi qu'au cours de l'année, Guangzhou est la ville où la ventilation naturelle peut garantir la QAI* et assurer le confort thermique le plus longtemps et la ville de Urumqi le moins souvent. Ils estiment que la ventilation naturelle n'est pas adaptée pendant les périodes hivernales dans les régions de Pékin et de Urumqi, et que le potentiel est faible en hiver à Shanghai et relativement élevé à Guangzhou.

Commentaires

Cette étude propose un nouveau modèle d'évaluation du potentiel de la ventilation naturelle particulièrement intéressant car la température intérieure n'est pas une constante déterminée comme dans les modèles existants, mais peut changer en fonction des conditions climatiques, des productions thermiques intérieures et des caractéristiques des bâtiments. Ce modèle permet ainsi d'apprécier les performances de la ventilation naturelle en dehors de la saison hivernale où l'on pourrait concevoir que la température intérieure reste constante grâce au chauffage. Ce modèle numérique est également novateur dans le sens où il intègre également le confort thermique. Cette approche reste néanmoins purement numérique et le critère d'appréciation du confort thermique retenu mériterait d'être analysé plus attentivement.

(1) Yang L., Zhang G., Li Y. *et al.* ; Investigation potential of natural driving forces for ventilation in four major cities in China ; *Building and Environment*, 40 [2005]: 739-746.

(2) ASHRAE Standard 62-2P, Ventilation for acceptable indoor air quality, 2002

(3) de Dear R. and Brager G.S. ; Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revision to ASHRAE Standard 55 ; *Energy and Building*, 34 [2002]: 549-561.

À lire également :

Wargocki P. and Wyon D.P. ; The effects of outdoor air supply rate and supply air filter condition in classrooms on the performance of schoolwork by children (RP-1257) ; *HVAC&R Research*, 13(2) [2007]: 165-191.

Wargocki P. and Wyon D.P. ; The effects of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children (RP-1257) ; *HVAC&R Research*, 13(2) [2007]: 193-220.

Waring M.S. and Siegel J.A. ; An evaluation of the indoor air quality in bars before and after a smoking ban in Austin, Texas ; *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 17(3) [2007]: 260-268.



EFFETS SANITAIRES

Influence des systèmes de chauffage sur les expositions aux particules ultrafines dans l'air intérieur : une étude transversale de foyers canadiens durant les mois d'hiver

Source : Weichenthal S., Dufresne A., Infante-Rivarde C. and Joseph L. ; Indoor ultrafine particle exposures and home heating systems: A cross-sectional survey of Canadian homes during the winter months ; Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 17(3) [2007]: 288-297.

Article analysé par : Denis BARD, École nationale de la santé publique – ENSP ; dbard@ensp.fr

Weichenthal *et al.* se sont basés notamment sur la publication de Afshari *et al.* ⁽¹⁾ qui montre que les radiateurs électriques sont sources de particules ultrafines (PUF), pour entreprendre une étude de la contribution de ce mode de chauffage à l'exposition aux PUF* dans l'air intérieur durant les mois d'hiver au Canada.

L'étude est transversale et porte sur 30 maisons abritant une seule famille et 6 appartements en ville dans l'Est du pays (Ontario et Québec). Cet échantillon est constitué sur une base volontaire après appel à participation apparaissant dans une brochure (dont la diffusion n'est pas explicitée). La sélection a été opérée sur le mode de chauffage. Dix foyers utilisaient une chaudière à gaz, 10 une chaudière au fioul, 9 des radiateurs électriques et 7 des foyers à bois. La mesure de la concentration en nombre (pas de temps : 1 minute) a été réalisée d'une part dans la cuisine, de 16 h à minuit, pour disposer de l'influence de la préparation du repas, et d'autre part dans le séjour, de minuit à 6 h, période où les autres sources potentielles de PUF* ne sont en principe plus actives. Les PM₄*, le CO₂ (pour évaluer le taux de renouvellement de l'air), la température (indiquant l'activation du chauffage) et l'humidité relative ont été mesurés dans le logement pendant les mêmes périodes. Une mesure en extérieur a été réalisée peu avant les mesures intérieures. Un questionnaire sur les caractéristiques de l'habitation (âge, volume), les appareils de cuisine (au gaz ou électriques), le nombre de fumeurs... a été rempli au moment de la pose des appareils de mesure.

Tous les foyers font la cuisine à l'électricité ; les maisons avec chauffage électrique tendent à être plus vieilles, plus petites et comporter plus de fumeurs. La concentration moyenne était plus élevée le soir (21 594 particules/cm³ ; IC₉₅ %* = 14 014 – 29 174), que durant la nuit (6 660 particules/cm³ ; IC₉₅ %* = 4 339 – 8 982). Dans les modèles non ajustés, les concentrations moyennes sont significativement plus élevées avec le chauffage électrique. Il existe une corrélation significative entre les concentrations en PUF* et celles en PM₄*, ainsi qu'entre le taux de renouvellement d'air et les concentrations en PUF* extérieures d'une part et la moyenne nocturne des

concentrations intérieures en PUF* d'autre part. Les modèles multivariés montrent que le type de chauffage influe peu et que les déterminants essentiels des concentrations moyennes en PUF* sont l'usage du four électrique, l'humidité relative à l'intérieur, ainsi que le tabagisme. Pour la période nocturne spécifiquement, ce sont le taux de renouvellement d'air et les concentrations extérieures en PUF* qui déterminent les teneurs intérieures. La mise en route du chauffage quel qu'en soit le type fait croître les concentrations en PUF*.

Les auteurs concluent que le type de chauffage fait peu de différence quel que soit le moment de la mesure. Les systèmes clos de chauffage sont associés, après ajustement, à une concentration nocturne plus faible en PUF*. Les auteurs soulignent que l'une des limites de l'étude était l'impossibilité de mesurer les particules de taille inférieure à 20 nm, ce qui pourrait sous-estimer les PUF* produites par le chauffage au gaz. L'observation de l'influence déterminante de la fumée de tabac et de l'usage du four électrique est en accord avec la littérature, ainsi que l'abaissement nocturne des concentrations en PUF*, montrant l'effet propre de la préparation des repas et l'influence des concentrations en PUF* extérieures via la ventilation.

Commentaires

L'apport propre de cette étude est de montrer que le type de chauffage domestique n'influe que marginalement sur les concentrations intérieures en PUF*, par contraste avec la préparation des repas, la fumée de tabac et le fait de chauffer en général. Les auteurs retrouvent les influences déjà décrites du rôle de la ventilation et des concentrations extérieures en PUF* sur celles mesurées à l'intérieur. Comme les auteurs le soulignent, dans une logique d'étude des effets nocifs pour la santé, il serait nécessaire à la fois de caractériser chimiquement les PUF* produites par diverses sources et de mesurer celles de diamètre inférieur à 20 nm. Enfin, le contexte géographique est particulier : ce qui est observé sur les concentrations intérieures en PUF* pendant les hivers rigoureux du Canada, où l'ouverture des fenêtres est rare, est difficile à transposer à d'autres pays au climat plus doux.

De même, la conception des appareils de chauffage et des systèmes de ventilation peut varier d'un pays à l'autre. Les éléments de cette étude devraient en conséquence être repris dans d'autres études conduites ailleurs. On peut regretter dans cet article l'assimilation des concentrations en PUF* à l'exposition.

(1) Afshari A., Matson U. and Ekberg L.E. ; Characterization of indoor sources of fine and ultrafine particles: a study conducted in a full-scale chamber ; *Indoor Air*, 15(2) [2005]: 141-150.



EFFETS SANITAIRES

Risque de cancer du poumon et combustion domestique pour le chauffage et la cuisson à Montréal

Source : Ramanakumar A.V., Parent M-E. and Siemiatycki J. ; Risk of lung cancer from residential heating and cooking fuels in Montreal, Canada ; *American Journal of Epidemiology*, 165(6) [2007]: 634-642.

Article analysé par : Véronique EZRATTY, Service des études médicales d'EDF et de Gaz de France ; veronique.ezratty@edf.gdf.fr

Il existe peu de travaux réalisés dans les pays développés sur le risque de cancer du poumon associé à la pollution induite par l'utilisation de combustibles dans l'habitat. Cette étude canadienne a pour but d'évaluer une telle relation à partir des données collectées à Montréal entre 1996 et 2001 lors d'une étude cas-témoin sur les facteurs de risque, notamment professionnels, du cancer du poumon.

Tous les cas de cancers du poumon diagnostiqués dans la région entre janvier 1996 et décembre 1997 pour lesquels une confirmation histologique était disponible ont été sélectionnés. Sur les 1 434 cas éligibles, 1 205 cas (84 %) ont pu être interviewés (directement ou via un proche en cas de décès). L'intervalle entre le diagnostic de cancer et l'interview était en moyenne de un an. Sur les 2 182 témoins éligibles sélectionnés par tirage au sort à partir de listes électorales, 1 541 ont pu être interviewés (74 %). Les interviews comportaient des questions retraçant l'historique des caractéristiques socio-démographiques, de l'état de santé, du tabagisme, de la vie professionnelle, des caractéristiques du logement et de l'exposition domestique à des sources « traditionnelles » pour se chauffer (chauffage au bois ou au charbon dans les pièces à vivre) et cuisiner (cuisinière à gaz ou au bois). Parmi les facteurs potentiels de confusion pris en compte figuraient l'exposition professionnelle à l'amiante, à la silice, à des composés chromés, l'histoire tabagique et le type d'interview (directe ou non).

Parmi les cas, 20 % avaient moins de 55 ans, et moins de 3 % des hommes ainsi que moins de 8 % des femmes étaient non fumeurs. Comparés aux témoins, les cas étaient plus souvent fumeurs (avec une consommation plus grande par rapport aux témoins fumeurs), avaient des revenus plus faibles et étaient plus souvent des canadiens français. La majorité des sujets a été exposée à des sources « traditionnelles » pour le chauffage ou la cuisson avant l'âge de 20 ans et pendant une durée supérieure à 10 ans. Chez les hommes atteints d'un cancer du poumon, aucune association n'a été mise en évidence. En revanche, chez les femmes, une association a été retrouvée (OR* = 2,5 ; IC_{95%} = 1,5 – 3,6). Le chauffage et la cuisson contribuaient de façon indépendante à l'augmentation du risque. Chez les femmes les plus âgées et celles qui fumaient le plus, l'association était renforcée.

Il est intéressant d'avoir essayé de déterminer si l'exposition passée à des sources traditionnelles pour se chauffer et cuisiner a un impact sur le risque de cancer du poumon. En effet, même si aujourd'hui 50 % des ménages à Montréal utilisent l'électricité pour se chauffer et 90 % pour cuisiner, l'utilisation du bois ou du charbon pour ces usages était courante jusqu'au milieu du 20^{ème} siècle dans la plupart des pays développés et les appareils utilisés étaient souvent placés dans les pièces habitées. Il faut noter également la résurgence récente de l'utilisation du bois pour se chauffer qui concerne actuellement 10 % des Québécois. Dans cette étude cas-témoin, les femmes ont un risque doublé de cancer du poumon lorsqu'elles ont rapporté avoir vécu dans des logements chauffés au bois ou au charbon ou dans des logements avec une cuisinière au bois ou au gaz. Il n'a pas été possible d'attribuer l'excès de risque observé à un type d'exposition ou à une fenêtre d'exposition spécifique dans la vie.

Commentaires

Cette étude apporte des résultats intéressants et cohérents avec le risque supérieur qu'ont les femmes d'être exposées à des sources de pollution dans l'habitat liées au chauffage et surtout à la cuisson. Malgré les biais possibles, les éléments importants à prendre en compte dans une étude sur le risque de cancer du poumon ont été précisément documentés, en particulier le tabagisme passé et

présent des sujets, ainsi que leur niveau socio-économique. En dehors du biais de mémoire, la limite la plus évidente de l'étude concerne les données recueillies sur l'exposition qui ne permettent pas d'établir une relation entre le profil ainsi que le niveau de pollution induits par la combustion pour le chauffage et la cuisson et le risque de cancer du poumon.



EFFETS SANITAIRES

Liens entre exposition aux pesticides résidentiels et mélanomes cutanés

Source : Fortes C., Mastroeni S., Melchi F. *et al.* ; The association between residential pesticide use and cutaneous melanoma ; European Journal of Cancer, 43(6) [2007]: 1066-1075.

Article analysé par : Marie-Thérèse GUILLAM, SEPIA-Santé ; mtguillam_sepia@orange.fr

Certaines études suggèrent l'existence d'associations entre l'exposition aux pesticides utilisés dans les résidences et des tumeurs chez l'enfant (cerveau, leucémie...). Les auteurs du travail présenté se sont intéressés à l'étude des associations entre l'utilisation résidentielle des pesticides et le risque de développer des mélanomes cutanés. En effet, des relations entre l'exposition professionnelle aux pesticides et des mélanomes cutanés ont été mises en évidence. Aucun travail n'avait jusqu'ici étudié de tels effets suite à l'exposition à des pesticides dans le contexte privé. Par ailleurs, la voie cutanée constitue la voie principale d'absorption des pesticides.

L'étude épidémiologique de type cas-témoin s'est déroulée en Italie dans la région du Latium. Les patients atteints pour la première fois d'un mélanome et les patients du groupe témoin ont été recrutés dans un hôpital entre 2001 et 2003. Tous étaient de type européen et habitaient la région. Au final, 287 cas et 299 patients témoins ont participé. Ils ont subi un examen détaillé de la peau afin de répertorier les lésions pigmentaires selon le protocole validé par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). Un questionnaire renseigné en présence de professionnels, portait sur les caractères phénotypiques (peau, cheveux, yeux), l'exposition au soleil au cours de la vie et celle aux lampes UV, l'utilisation de protections (crème, vêtements) et la fréquence d'utilisation de pesticides à l'intérieur et à l'extérieur des résidences (35 questions y compris sur les noms commerciaux des produits utilisés). Les associations entre les mélanomes diagnostiqués et les différents facteurs de risque ont été étudiées dans des modèles logistiques univariés puis multivariés.

Les deux groupes sont comparables selon le sexe et l'âge. Les pesticides les plus utilisés sont des insecticides, à l'intérieur comme à l'extérieur.

71 % des patients disent utiliser au moins un insecticide à l'intérieur de leur maison. Les plus utilisés le sont contre les moustiques et les fourmis. D'après les noms commerciaux, il s'agit surtout de pyréthrinoides et de carbamates. 77 % des cas de mélanomes diagnostiqués sont de type invasif ; 48 % sont situés au niveau du tronc.

Dans les études univariées, les auteurs retrouvent les facteurs de risque classiquement associés aux mélanomes : certaines caractéristiques phénotypiques (cheveux blonds, roux ou châtain clair ; peau claire ; yeux bleus, verts ou gris ; peau toujours ou souvent brûlée par le soleil mais jamais ou très peu bronzée), lésions pigmentaires (tâches de rousseur ; tâches de soleil ; grains de beauté communs) et l'exposition au soleil (antécédents de coups de soleil ; expositions répétées au soleil). Une augmentation de risque de mélanome est observée lors de l'utilisation de lampe UV, mais elle n'est pas significative. Les mesures de protection (crème et vêtements) n'apparaissent pas ici comme des facteurs protecteurs du mélanome.

Dans les analyses multivariées (cf. Tableau en page suivante), l'utilisation de pesticides, en général ou à l'intérieur des maisons depuis 10 ans ou plus, et l'utilisation de pesticides plus de 4 fois par an à l'intérieur des maisons sont des facteurs qui augmentent significativement le risque de mélanome et ceci indépendamment des facteurs de risque connus cités ci-dessus. De plus, le risque augmente avec la fréquence d'utilisation. Par contre, l'utilisation de pesticides à l'extérieur des résidences n'est pas associée à une augmentation de risque. Lorsque l'analyse est restreinte aux cas et témoins exposés, le risque associé à l'utilisation intérieure augmente encore : l'utilisation de pesticides plus de 4 fois par an le multiplie par 2,78 et l'utilisation depuis 10 ans ou plus par 2,77.

Utilisation résidentielle de pesticides et mélanome cutané : résultats des analyses multivariées

Modèle	Variabiles	OR*	IC ₉₅ %*
Utilisation de pesticides – modèle 1	Une fois ou moins par an	1	
	Deux fois ou plus par an	1,53	0,89 – 2,61
Utilisation de pesticides – modèle 2	Pendant moins de 10 ans		
	Pendant 10 ans ou plus	1,98	1,06 – 3,71
Utilisation de pesticides à l'intérieur – modèle 1	Une fois ou moins par an	1	
	Deux ou trois fois par an	1,61	0,82 – 3,15
	Quatre fois ou plus par an	2,18	1,07 – 4,43
Utilisation de pesticides à l'intérieur – modèle 2	Pendant moins de 10 ans		
	Pendant 10 ans ou plus	2,46	1,23 – 4,94
Utilisation de pesticides à l'extérieur – modèle 1	Une fois ou moins par an	1	
	Deux fois ou plus par an	0,91	0,48 – 1,73
Utilisation de pesticides à l'extérieur – modèle 2	Pendant moins de 10 ans		
	Pendant 10 ans ou plus	1,01	0,54 – 1,88

Les auteurs concluent que l'utilisation résidentielle de pesticides pourrait constituer à elle seule un facteur de risque de mélanome. Ce résultat renforce ce qui était déjà suggéré en milieu professionnel et doit être confirmé par d'autres études. L'hypothèse avancée par les auteurs pour expliquer ce résultat réside dans l'origine embryonnaire commune entre les mélanocytes et les cellules nerveuses qui sont des cellules cibles de la plupart des insecticides (rappelons que des associations entre l'exposition aux pesticides résidentiels et des cancers du cerveau ont été mises en évidence). Les effets des insecticides sur les mélanocytes pourraient donc être similaires à ceux exercés sur les cellules nerveuses.

Commentaires

Les faiblesses de ce travail résident dans le recueil rétrospectif des données d'exposition dont l'utilisation des pesticides. Cependant, concernant ce dernier point, les auteurs ont réalisé deux recueils à 12 mois d'intervalle et ont constaté une relativement bonne validité des informations recueillies (75 % de réponses identiques sur la durée d'utilisation à l'intérieur des pesticides et 77 % sur leur fréquence d'utilisation à l'intérieur).

La force des associations entre pesticides et mélanomes apparaît conséquente. Elle est d'ailleurs du même ordre de grandeur que celle observée avec certains des facteurs de risque déjà connus (le type de peau ou la couleur des yeux). Les résultats de cette étude, qui nécessite confirmation, apparaissent importants à prendre en considération. Cependant, l'hypothèse avancée par les auteurs concernant des effets similaires des insecticides sur les cellules nerveuses et sur les mélanocytes du fait d'origine embryonnaire commune, porte à interrogation. Les mécanismes d'action mis en jeu nécessiteraient de plus vastes explorations.

À lire également :

Jacobs J.H., Spaan S., van Rooy G.B.G.J. *et al.* ; Exposure to trichloramine and respiratory symptoms in indoor swimming pool workers ; *European Respiratory Journal*, 29(4) [2007]: 690-698.

Vesper S.J., McKinstry C., Haugland R.A. *et al.* ; Relative moldiness index as predictor of childhood respiratory illness ; *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 17(1) [2007]: 88-94.

Rowe J., Kusel M., Holt B.J. *et al.* ; Prenatal versus postnatal sensitization to environmental allergens in a high-risk birth cohort ; *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 119(5) [2007]: 1164-1173.



Source : Schweizer C., Edwards R.D., Bayer-Oglesby L. *et al.* ; Indoor time-microenvironment-activity patterns in seven regions of Europe ; Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 17(2) [2007]: 170-181.

Article analysé par : Frédéric DOR, Institut de veille sanitaire – InVS : f.dor@invs.sante.fr

L'exposition personnelle aux polluants présents dans l'air dépend largement des micro-environnements fréquentés dans la période de temps considérée. Cette connaissance permet d'apprécier les lieux où des efforts notables peuvent être nécessaires pour réduire autant que faire se peut les doses ou concentrations respirées par la population.

Les auteurs de la publication ont eu pour objectif de décrire le budget espace-temps des populations ayant participé à l'étude EXPOLIS. Dans sept villes européennes (Helsinki, Athènes, Bâle, Grenoble, Milan, Prague et Oxford), les participants adultes ont effectué sur une période de 48 heures, un recueil standardisé, sur un pas de temps de 15 minutes, de la fréquentation de leur maison, de leur lieu de travail et des autres environnements intérieurs. Aucun recueil le week-end n'a été effectué. Les auteurs ont également identifié les micro-environnements (avec les durées de présence associées), dans lesquels les sujets étaient exposés à la fumée de tabac environnementale. L'analyse statistique a retenu les seuls recueils permettant de reconstruire le budget espace-temps des personnes pour au moins 22h30 d'une journée. Les calculs ont été effectués pour chaque ville séparément, puis celles-ci ont été comparées entre elles afin d'apprécier les diversités existantes et ainsi identifier des facteurs influençant les comportements des personnes.

Les principaux résultats sont les suivants :

- le temps passé dans l'habitation principale est le plus élevé : en moyenne de 13,5 à 15,8 h/j, soit 56 à 66 % du temps de la journée. Tous les sujets interrogés ont fréquenté ce micro-environnement. Les femmes y passent un peu plus de temps que les hommes ;
- le deuxième micro-environnement fréquenté est le lieu de travail. 84 % des personnes interrogées l'ont fréquenté. La médiane de la durée de fréquentation est comprise entre 6,1 et 7,5 h/j selon la ville. Les hommes y passent plus de temps que les femmes ;
- 83 % des participants, notamment des femmes, fréquentent d'autres lieux clos. En moyenne, selon les villes, la durée de fréquentation de ces autres lieux varie de 1,3 à 2,2 h/j ;
- parmi les participants, la fraction de non-fumeurs exposés à la fumée de tabac environnementale varie de 6 % à Oxford à 60 % à Milan. Des corrélations sont trouvées avec le sexe, l'âge, le type d'emploi, le niveau d'éducation et la présence d'enfants à la maison. Les hommes rapportent plus souvent cette situation d'exposition que les femmes. Cette exposition s'effectue principalement en dehors du domicile. La médiane de la durée d'exposition oscille entre 0,13 et 1,25 h/j. Sur le lieu de travail, les non-fumeurs (12 % des participants) sont exposés en moyenne 1,9 h/j. 7 % des non-fumeurs déclarent être exposés à la fumée de tabac environnementale au travail et dans les lieux clos autres que la maison, pendant une durée d'exposition de 2,5 h/j ;
- les durées de fréquentation des lieux autres que la maison et celui du travail présentent des variations inter- et intra-individuelles les plus fortes ;
- les disparités de budget espace-temps entre les villes sont principalement liées au recrutement des participants qui n'est pas établi sur les mêmes règles, et aux conditions météorologiques dont découlent des comportements différents des populations.

La discussion des résultats apporte les précisions suivantes :

- les différences de recrutement des participants et le recueil sur seulement 48 heures ne permettent en aucun cas une extrapolation des données à l'ensemble de la population ;
- les caractéristiques socio-démographiques et les facteurs environnementaux influencent le budget espace-temps des populations dans chacune des sept villes européennes ayant participé à l'enquête ;
- l'hétérogénéité des budgets espace-temps est due au sexe, au niveau d'éducation, à la nature du travail exercé, au fait de vivre seul ou non, d'avoir des enfants ou non et à la saison. En revanche, l'âge ne présente pas d'influence ;
- ce sont les femmes qui adaptent le plus souvent leur emploi du temps pour s'occuper des enfants. Elles présentent ainsi une variabilité plus grande des durées dans les différents micro-environnements et notamment à la maison ;
- concernant l'exposition à la fumée de tabac environnementale, les auteurs ont focalisé sur l'importance des micro-environnements autres que la maison en lien avec une possible réglementation. Les niveaux d'exposition sont plus élevés dans les lieux autres que celui du travail. Cependant, le temps passé au travail est beaucoup plus long que celui passé dans les autres lieux. Il ressort donc clairement la nécessité d'agir dans ces lieux professionnels ;

- la variabilité journalière, tant inter- qu'intra-individuelle, est substantielle. Elle est principalement constatée pour le temps au travail et pour l'exposition à la fumée de tabac environnementale.

Commentaires

Ces résultats mettent en lumière la difficulté d'approcher l'exposition personnelle en raison d'une variabilité inter- et intra-individuelle conséquente. Ils pointent la nécessité de construire les protocoles d'études en se consacrant principalement sur les lieux dans lesquels la métrologie environnementale est importante à mettre en œuvre. Ils montrent également le caractère crucial de cette connaissance pour « catégoriser » l'exposition des individus dans les études épidémiologiques, en l'absence de mesures. Il est important de noter que cette étude s'appuie sur des données recueillies dans le cadre d'un protocole qui n'avait pas pour objectif d'analyser les budgets espace-temps. En conséquence, des réserves plus ou moins fortes en fonction des villes peuvent être émises sur la qualité des résultats décrits, notamment en termes de représentativité de la population concernée et d'extrapolation à l'ensemble de la population du pays.



EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES

Exposition humaine aux polybromodiphényléthers (PBDE) : relation entre la charge corporelle, le régime alimentaire et les poussières domestiques

Source : Wu N., Herrmann T., Paepke O. *et al.* ; Human exposure to PBDEs: Associations of PBDEs body burdens with food consumption and house dust concentrations ; Environmental Science and Technology, 41(5) [2007]: 1584-1589.

Article analysé par : Luc MOSQUERON, Institut national de l'environnement industriel et des risques – INERIS ; luc.mosqueron@ineris.fr

Utilisés comme retardateurs de flamme dans divers produits de consommation courante, les polybromodiphényléthers (PBDE) sont des composés lipophiles persistants dans l'environnement à l'origine d'effets reprotoxiques, neurotoxiques et agissant comme des perturbateurs endocriniens chez les animaux. Chez l'homme, l'exposition aux PBDE* et leurs effets potentiels

restent mal documentés, une étude américaine a cherché à caractériser l'imprégnation de jeunes femmes par dosage des PBDE* dans le lait maternel, et à estimer l'influence de l'alimentation et de l'exposition résidentielle, en couplant notamment aux dosages biologiques des mesures des PBDE* dans les poussières domestiques.

Le lait maternel de 46 femmes primipares a été recueilli dans les 8 semaines suivant leur accouchement. Des poussières ont été collectées au domicile de 12 d'entre elles à l'aide d'un aspirateur, selon une méthode de prélèvement standardisée ; parallèlement, l'exposition à des facteurs spécifiques de l'environnement intérieur (travaux de rénovation récents, équipements électroniques...) et l'exposition alimentaire ont été documentées à l'aide de questionnaires. Les analyses (CPG/SM*) ont été ciblées sur 12 congénères dans le lait (BDE 17, 28, 47, 66, 85, 99, 100, 138, 153, 154, 183, 209) et 9 dans les poussières (les BDE 17, 28 et 183 n'ont pas été recherchés). Le BDE 209 ayant été quantifié dans un seul échantillon de poussières (et détecté dans moins d'un quart des prélèvements de lait), les auteurs ont étudié l'association entre les concentrations dans le lait et les poussières à partir de la somme des 8 congénères (47, 66, 85, 99, 100, 138, 153 et 154 = D- Σ PBDE) présents dans les deux matrices.

Dans le lait maternel, les concentrations totales en PBDE* (Σ PBDE) varient de 4,3 à 264 ng/g de lipide (médiane = 30,2), les principaux congénères étant les BDE 47 (52 %), 153 (17 %), 99 (13 %) et 100 (11 %). La consommation de produits laitiers et de viandes augmente la charge corporelle en PBDE* alors que, contrairement à ce qui est observé en Europe du Nord et au Japon, la consommation de poissons ne joue pas de rôle significatif (probablement en raison du régime alimentaire typique des américains, pauvre en poissons). Dans les poussières, la concentration totale (D- Σ PBDE) est comprise entre 0,6 et 34,4 μ g/g (médiane = 1,9), les principaux congénères étant les BDE 47 et 99. Les teneurs dans les poussières sont fortement corrélées avec les concentrations dans le lait maternel ($r = 0,76$), indiquant que l'environnement domestique joue un rôle important dans l'exposition totale. Aucune association n'a été mise en évidence entre les niveaux de PBDE* dans les poussières et les caractéristiques de l'habitat.

Ces résultats confirment les niveaux d'imprégnation déjà rapportés aux États-Unis et ils indiquent que non seulement le régime alimentaire, mais aussi l'environnement intérieur jouent un rôle prédominant dans l'exposition aux PBDE*. Ils confirment aussi que le degré d'imprégnation et les concentrations dans les poussières domestiques sont plus élevés aux États-Unis qu'en Asie ou en Europe. L'exposition aux poussières domestiques semble donc jouer un rôle significatif dans l'imprégnation des individus mais les modalités précises d'exposition restent mal comprises. Les PBDE* pourraient pénétrer dans l'environnement intérieur par volatilisation à partir de mousses en polyuréthane ou par abrasion de matières plastiques dures, mais il reste difficile d'associer les teneurs de PBDE* dans les poussières avec les caractéristiques du bâti et/ou la présence de certains produits intérieurs (équipements électroniques par exemple). La prédiction des concentrations intérieures en PBDE* à partir des caractéristiques de l'habitat reste donc un challenge difficile.

Commentaires

Cette étude confirme, malgré une approche de caractérisation de l'exposition basée uniquement sur un questionnaire, que le régime alimentaire joue un rôle majeur dans l'exposition globale aux PBDE*, mais elle suggère surtout le rôle significatif de l'exposition domestique dans l'imprégnation de jeunes mamans, et ce malgré le faible nombre de résidences étudiées (11). Ces résultats méritent d'être confirmés sur un échantillon plus large.

En raison notamment des différences entre les États-Unis et la France en termes de réglementation et d'utilisation commerciale des PBDE*, ces résultats ne sont pas directement extrapolables à la situation française. Au regard de ces informations et du manque de connaissances en France sur l'exposition aux PBDE*, des études visant à une meilleure compréhension de l'exposition à ces retardateurs de flamme dans la population française, et notamment l'influence de l'exposition par les poussières domestiques, sont nécessaires.

À lire également :

Lanki T., Ahokas A., Alm S. *et al.* ; Determinants of personal and indoor PM2.5 and absorbance among elderly subjects with coronary heart disease ; *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 17(2) [2007]: 124-133.

Gonzalez-Flesca N., Nerrière E., Leclerc N. *et al.* ; Personal exposure of children and adults to airborne benzene in four French cities ; *Atmospheric Environment*, 41(12) [2007]: 2549-2558.

Corsi R.L., Siegel J., Karamalegos A. *et al.* ; Personal reactive clouds: Introducing the concept of near-head chemistry ; *Atmospheric Environment*, 41(15) [2007]: 3161-3165.

Autres articles d'intérêt : articles de synthèse parus récemment dans la littérature

Oury B., Lhuillier F., Protois J.C. and Morele Y. ; Behavior of the GABIE, 3M 3500, PerkinElmer Tenax TA, and RADIELLO 145 diffusive samplers exposed over a long time to a low concentration of VOCs ; *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 3(10) [2006]: 547-557.

Uhde E. and Salthammer T. ; Impact of reaction products from building materials and furnishings on indoor air quality - A review of recent advances in indoor chemistry ; *Atmospheric Environment*, 41(15) [2007]: 3111-3128.

Gabrio T., Volland G., Baumeister I. *et al.* ; Measurement of particulate matter in indoor environments ; *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft*, 67(3) [2007]: 96-102.

McGinnis M.R. ; Indoor mould development and dispersal ; *Medical Mycology*, 45(1) [2007]: 1-9.

Santamouris M., Pavlou K., Synnefa A. *et al.* ; Recent progress on passive cooling techniques - Advanced technological developments to improve survivability levels in low-income households ; *Energy and Buildings*, 39(7) [2007]: 859-866.

Russell M., Sherman M. and Rudd A. ; Review of residential ventilation technologies ; *HVAC&R Research*, 13(2) [2007]: 325-348.

Nielsen G.D., Larsen S.T., Olsen O. *et al.* ; Do indoor chemicals promote development of airway allergy? ; *Indoor Air*, 17(3) [2007]: 236-255.

Pons-Lebeau F. ; Hypersensitivity to formaldehyde: Mechanism of action ; *Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*, 47(3) [2007]: 139-143.

Wolkoff P. and Kjaergaard S.K. ; The dichotomy of relative humidity on indoor air quality ; *Environment International*, 33(6) [2007]: 850-857.

von Hahn N. ; "Dry air" and its effects on health - Results of a literature survey ; *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft*, 67(3) [2007]: 103-107.

Barnig C., Kopferschmitt M.C. et De Blay F. ; Multiple chemical sensitivities: Pathophysiology and clinical aspects ; *Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*, 47(3) [2007]: 250-252.

Thomson N.C. ; The role of environmental tobacco smoke in the origins and progression of asthma ; *Current Allergy and Asthma Reports*, 7(4) [2007]: 303-309.

Numéro spécial de la Revue des Maladies Respiratoires, 24(2) [2007] : Maladies respiratoires, allergies et environnement intérieur

Séminaire de formation médicale continue, 1^{er} décembre 2006, Strasbourg

- Les polluants de la maison : où en est la France ? Kirchner S., 236-237.
- Éviction des allergènes : où en sommes-nous ? De Blay F., Casset A., Ott M., 238-240.
- L'éviction des allergènes et des polluants chimiques de l'habitat, quelles propositions pratiques, quels matériels utiliser ? Simon I., Déoux S., Ott M., 241-242.
- Moisissures de l'environnement intérieur : les techniques d'échantillonnage et de mesure. Reboux G., Nolard N., 243-245.
- Moisissures de l'environnement intérieur et pathologies respiratoires. Charpin D., 246-247.
- Cancer bronchique et environnement intérieur. Bonnaud F., Melloni B., Vergnenègre A., Zigani A., Daix T., 248-251.
- Légionelloses et mycobactérioses liées à l'habitat : techniques de mesure, seuils pathogènes et rôle du pneumologue. Squinazi F., 252-254.

INFORMATIONS DIVERSES

Normalisation

La norme expérimentale de l'AFNOR, XP P45-500, datée de mars 2007, concerne les **diagnostics de l'état des installations de gaz** situées à l'intérieur des bâtiments d'habitation. Cette norme fait partie d'un ensemble relatif aux diagnostics immobiliers légaux.

L'AFNOR a mis en ligne la notice de la norme NF EN 15251 relative à la **performance énergétique des bâtiments** couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique. Cette norme européenne spécifie le mode d'établissement des paramètres relatifs à l'ambiance intérieure qui influent sur la performance énergétique, pour la conception du bâtiment et pour les calculs de cette performance.

Sur le web

L'**Observatoire de la qualité de l'air en Midi-Pyrénées (ORAMIP)** a procédé **du 14 au 23 mai 2007** à des mesures de concentrations intérieures en aldéhydes et COV* dans les nouveaux locaux de la **crèche** de Cugnaux (31), établissement qui avait déjà fait l'objet de mesurages (cf. bulletin *Info Santé Environnement Intérieur* N°14). Comme en 2005, le formaldéhyde, l'hexanal et le butanal sont les aldéhydes prépondérants, les deux premiers étant cependant mesurés en concentrations plus élevées qu'en 2005. S'agissant des COV (BTEX*, styrène, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, n-décane et

n-undécane), les concentrations sont toutes plus élevées que dans les anciens locaux, notamment pour le styrène et l'éthylbenzène, à l'exception du toluène, du n-décane et du n-undécane, qui *a contrario* présentent des teneurs intérieures moins élevées en 2007.

Évaluation des concentrations en aldéhydes et COV dans les nouveaux locaux de la crèche de Cugnaux (31), ORAMIP ; Mai 2007 – 3 pages
➔ <http://www.oramip.org>

L'**Institut national de recherche et de sécurité (INRS)** a publié en **avril 2007** un guide pratique précisant les exigences réglementaires relatives à la **ventilation des locaux de travail**. Le Code du travail impose en effet au chef d'établissement la constitution et la mise à jour d'un dossier d'installation pour chaque dispositif de ventilation. Les locaux à pollution non spécifique sont concernés au même titre que ceux à pollution spécifique. Après un rappel sur la réglementation en vigueur, ce guide détaille le contenu attendu d'un

dossier d'installation, précise les contrôles pouvant être réalisés par l'Inspection du travail et fournit un exemple concret de constitution d'un dossier.

Le dossier d'installation de ventilation, Guide pratique de ventilation, Institut national de recherche et de sécurité, ED 6008, ISBN 978-2-7389-1446-0 ; Avril 2007 – 22 pages
➔ <http://www.inrs.fr/publications/ed6008.html>

Pour répondre aux objectifs du Plan National Santé Environnement (PNSE), notamment dans le cadre de l'action prioritaire visant à « mieux connaître les déterminants de la qualité de l'air intérieur », l'**Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET)** s'est autosaisie en 2004 afin d'élaborer des **valeurs guides pour la qualité de l'air intérieur**.

Le document cadre méthodologique des travaux menés depuis lors par un groupe de travail copiloté avec le Centre scientifique et technique du bâtiment, a été mis en ligne le **3 septembre 2007**. Il définit la

notion de « valeur guide air intérieur » (VGAI) et présente la démarche qui a conduit au choix des polluants à traiter en priorité, basée sur les hiérarchisations existantes de l'OQAI* et du groupe de travail européen INDEX (cf. bulletin *Info Santé Environnement Intérieur* N°12). Enfin, ce document décrit la méthode, fondée exclusivement sur des critères sanitaires comme, par exemple, les valeurs toxicologiques de référence, développée pour choisir des VGAI qui pourront être appliquées en France.

Les VGAI du monoxyde de carbone (CO) et du formaldéhyde ont été publiées simultanément.

Pour le **CO**, un jeu de 4 valeurs est proposé : 10 mg/m³ (8 heures d'exposition), 30 mg/m³ (1 heure), 60 mg/m³ (30 minutes) et 100 mg/m³ (15 minutes). L'AFSSET recommande également un niveau d'intervention pour un diagnostic (recherche de source) à 10 mg/m³.

Pour le **formaldéhyde**, une valeur de 50 µg/m³, applicable sur 2 heures et une valeur de 10 µg/m³ pour une exposition de long terme, sont proposées pour protéger des irritations oculaires et nasales. Ces valeurs protégeront également des effets cancérigènes locaux (nasopharynx), puisque ceux-ci apparaissent au-delà d'un seuil de concentration et que dans la relation dose-effet, les irritations se produisent à des niveaux d'exposition inférieurs à ce seuil.

Valeurs guides de qualité d'air intérieur, Document cadre et éléments méthodologiques, Avis de l'AFSSET et rapport du groupe d'experts, Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, en partenariat avec le Centre scientifique et technique du bâtiment ; Juillet 2007 – 58 pages

Valeurs guides de qualité d'air intérieur, Le monoxyde de carbone, Avis de l'AFSSET et rapport du groupe d'experts, Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, en partenariat avec le Centre scientifique et technique du bâtiment ; Juillet 2007 – 73 pages

Valeurs guides de qualité d'air intérieur, Le formaldéhyde, Avis de l'AFSSET et rapport du groupe d'experts, Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, en partenariat avec le Centre scientifique et technique du bâtiment ; Juillet 2007 – 83 pages

➔ <http://www.afsset.fr>, Rubriques *Les activités scientifiques > Les milieux de vie > Air > Air intérieur : valeurs guides*

En France, plusieurs documents ont été publiés par les ministères ces derniers mois.

Tout d'abord, dans le cadre de l'action 29 du Plan National Santé Environnement (PNSE), visant à garantir la qualité des **bâtiments accueillant les enfants**, le **ministère de l'écologie**, pilote de l'action, a publié en **août 2007** un **guide de prévention et de gestion** des risques sanitaires environnementaux dans ces locaux. Principalement destiné aux collectivités territoriales en charge de ces bâtiments, ce guide rassemble, en première partie, des informations générales sur la santé environnementale et les facteurs de risques. Puis, il recense les mesures de prévention de ces risques lors de la conception d'un bâtiment, puis de sa réhabilitation. Enfin, il fournit des fiches thématiques par type de risque, rappelant les dangers et les expositions associés, précisant les mesures de gestion et la réglementation, et enfin fournissant les principales références documentaires.

Le **ministère de l'écologie** a également publié en **juin 2007** le travail relatif aux **politiques de gestion de la QAI***, conduit par un étudiant de l'École nationale de la santé publique pour le compte de la Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale. Dans une première partie, les actions publiques mises en place dans les autres pays sont recensées. L'état des lieux des actions françaises nationales ou locales dans le domaine de la QAI* et des attentes faisant jour, est ensuite proposé. Enfin, les améliorations futures possibles relevant à la fois de la réglementation, de l'incitation et de la sensibilisation du public et des acteurs concernés sont détaillées.

Enfin, la **Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction (DGHUC)** a mis en ligne un **document de synthèse sur la thématique Bâtiment – Santé** en date de **juillet 2006**. Après un bref rappel du cadre général des politiques publiques dans ce domaine, les mesures de gestion des risques sanitaires liés à l'amiante, au plomb, au monoxyde de carbone et au radon sont détaillées. Le rapport évoque également les travaux de l'POQAI*, l'évaluation des caractéristiques environnementales et sanitaires des matériaux de construction, le projet de dossier de diagnostic technique unique (annexé au contrat de vente ou de location, il rassemblerait l'ensemble des diagnostics réglementaires d'un bien immobilier) et le système interministériel d'information : « SISE-Habitat ». Alimenté par les différents services déconcentrés de l'État concernés et par les opérateurs, ce système doit permettre un partage des informations sur les expositions aux polluants de l'air intérieur et les risques sanitaires associés.

Recenser, prévenir et limiter les risques sanitaires environnementaux dans les bâtiments accueillant des enfants, Guide à l'usage des collectivités territoriales, Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables ; Août 2007 – 86 pages

➔ <http://www.ecologie.gouv.fr> ou
<http://www.sante.gouv.fr> ou
<http://www.education.gouv.fr> ou
<http://www.logement.gouv.fr>

Quelles mesures de gestion pour améliorer la qualité de l'air intérieur ?, Collection « Études et synthèses » de la Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale (D4E), Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, Jean-Marie Quemener, référence 2007-06 (07 – E03) ; Juin 2007 – 81 pages
→ http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/D4E_200706_QualiteAirInterieur.pdf

Le **Centre commun de recherche de la Commission européenne (JRC)** a publié le 25^{ème} rapport produit par l'action concertée sur l'air et les expositions humaines. Ce document fournit l'état des connaissances permettant **l'évaluation de la contribution des expositions dans les environnements intérieurs à l'exposition globale des individus par inhalation**. Les outils disponibles (métrologie, modélisation, recours à des questionnaires...) sont recensés ; en annexes du rapport sont fournis les exemples concernant les particules, le formaldéhyde et l'ozone. La caractérisation de ces expositions s'intègre dans un cadre plus large d'évaluation des risques sanitaires visant à hiérarchiser ceux-ci et à prioriser les actions à conduire pour réduire l'impact sanitaire lié à l'air intérieur.

Dans leurs conclusions, les auteurs identifient des perspectives concrètes : ils recommandent le développement de modèles décrivant mieux le comportement des polluants dans l'air intérieur, la prise en compte des composés organiques semi-volatils dans les protocoles de caractérisation des

Le **réseau européen NORMAN**, soutenu par le 6^{ème} PCRD (Programme Cadre Recherche & Développement), rassemble des laboratoires européens impliqués dans le mesurage des polluants émergents dans l'environnement (eaux, air, sols, végétaux, matrices humaines). La première des trois campagnes d'inter-comparaison prévues a eu lieu fin 2006 et a concerné la mesure du **décabromo-diphényléther dans les poussières domestiques**. Les résultats ont été publiés en **mai 2007**.

Dans le cadre de la mise en place d'une réglementation relative aux **épurateurs d'air à l'ozone**, le bureau californien de l'air (**California Air Resources Board**) a publié en **juin 2007** une évaluation de l'impact économique de cette réglementation pour les fabricants, les distributeurs, les revendeurs et les consommateurs. Compte tenu de l'ampleur du marché, cette réglementation est jugée sans impact sur les fabricants qui doivent revoir le fonctionnement de leurs appareils ; l'impact économique ne sera que temporaire dans les petites structures. Pour tous les autres acteurs en

Bâtiment et santé, Prévention des risques sanitaires dans le bâtiment, Les Dossiers de la Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction, Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement ; Juillet 2006 – 58 pages

→ <http://www.logement.gouv.fr/> > Les publications > Sélectionner le thème *Bâtiment et santé*

émissions des matériaux et l'élargissement de ces protocoles à tout type de matériau, le recours à des approches coûts-bénéfices, la conduite d'études plus représentatives permettant des méta-analyses ultérieures et/ou la mise en œuvre d'analyses statistiques. Ils notent que la nouvelle réglementation en vigueur pour les substances chimiques, REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*), permettra le développement des connaissances relatives aux expositions humaines.

Strategies to determine and control the contributions of indoor air pollution to total inhalation exposure (STRATEX), Report N°25, ECA-IAQ (European Collaborative Action, Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure), EUR 22503 EN, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities ; 2006 – 79 pages

→ http://www.jrc.cec.eu.int/pce/eca_reports/ECA_Report25_STRATEX_FINAL_PDF_13_2_2007.pdf

NORMAN Inter-laboratory Study: Determination of DecaBDE in Dust, Network of reference laboratories and related organisations for monitoring and biomonitoring of emerging environmental pollutants, Contract n°018486, Deliverable number C3.2 ; May 2007 – 11 pages
→ http://norman.ineris.fr/public_docs/interlabo/c3_2a_interlab_study_decabde_report.pdf

aval, cet impact est également considéré minime sauf pour les distributeurs dont les fournisseurs n'accepteraient pas de fournir un produit conforme vis-à-vis du potentiel émissif d'ozone.

Draft economic impacts assessment for regulation of ozone emissions from indoor air cleaning devices, Research Division, California Air Resources Board ; June 14, 2007 – 15 pages

→ http://www.arb.ca.gov/research/indoor/aircleaners/2276_econ_section_6-14.pdf

Dans le cadre de **Pétude américaine RIOPA** (*Relationships of Indoor, Outdoor, and Personal Air*) conduite par le **Health Effects Institute**, les concentrations extérieures, intérieures et personnelles de 16 COV*, de 10 aldéhydes et cétones et des PM_{2,5}* ont été mesurées pendant 2 périodes de 48 heures à différentes saisons entre l'été 1999 et le printemps 2001, dans les villes de Los Angeles, Houston et Elizabeth (environ 100 logements / 100 résidents dans chaque ville). Le deuxième volet de l'exploitation des résultats a été publié en **août 2007**. Il traite spécifiquement des particules : composition chimique (carbone organique, carbone élémentaire, éléments traces métalliques, hydrocarbures aromatiques polycycliques -HAP- et chlordanes), proportion de particules à l'intérieur attribuable aux concentrations particulières extérieures, et identification des sources.

Parmi les enseignements de cette vaste étude, on peut retenir, entre autres, que pour l'ensemble des villes, les médianes des concentrations intérieures et extérieures en PM_{2,5}* sont globalement du même ordre de grandeur ; celles des expositions

personnelles sont en revanche deux fois plus élevées. Les concentrations intérieures en carbone organique sont, de façon générale, égales au double des niveaux mesurés en extérieur. Pour le carbone élémentaire, on observe *a contrario* des concentrations plus élevées à l'extérieur. Les concentrations intérieures en HAP* sont très variables, ce qui n'est pas le cas des concentrations extérieures. Les concentrations en chlordanes sont toujours plus élevées en intérieur. La part des PM_{2,5}* intérieures attribuable à l'air extérieur varie de 40 à 70 % selon les villes, tandis que la part attribuable à l'extérieur s'agissant des expositions personnelles aux PM_{2,5}* varie de 25 à 33 %, ce qui conduit les auteurs à tenter de proposer des facteurs correctifs pour les études épidémiologiques de type séries temporelles.

Relationships of Indoor, Outdoor, and Personal Air (RIOPA), Part II. Analyses of concentrations of particulate matter species, Turpin B.J., Weisel C.P., Morandi M. *et al.*, Health Effects Institute ; August 2007 – 110 pages
➔ <http://www.healtheffects.org/>

GLOSSAIRE

ASHRAE : *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*

BTEX : Benzène, Toluène, Éthylbenzène, Xylènes

CFD : *Computational Fluid Dynamics*

COV : Composés Organiques Volatils

CPG/SM : Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse

FTE : Fumée de Tabac Environnementale

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

IC_{95%} : Intervalle de Confiance à 95 %

OR : Odd Ratio

OQAI : Observatoire de la QAI*

PBDE : Polybromodiphényléthers

PM_{2,5 / 4 / 10} : Particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 2,5 / 4 / 10 µm

PUF : Particules Ultrafines

QAI : Qualité de l'Air Intérieur

Animation du réseau RSEIN et publication de *Info Santé Environnement Intérieur* coordonnées par l'INERIS

Directeur de la publication : Georges Labroye

Directeur de la rédaction : André Cicolella

Comité de rédaction du N°20 : Desqueyroux H., Dor F., Guillaum M-T., Mandin C., Nedellec V. et Ramalho O., avec la participation de Festy B. et Le Moullec Y.

Coordination et contact : Corinne Mandin, Corinne.Mandin@ineris.fr

INERIS, Parc Technologique ALATA, BP 2, 60550 Verneuil-en-Halatte, France

ISSN : En cours

Le réseau RSEIN, en relation avec l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, est constitué de représentants des structures suivantes : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique et ses comités régionaux Nord-Pas de Calais et PACA-Marseille, ATMO Poitou-Charentes représentant les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Centre Technique du Bois et de l'Ameublement, Complexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie, Faculté de Pharmacie de Marseille, Faculté de Pharmacie de Paris V, Hôpitaux de Rouen, Hôpitaux de Strasbourg, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Institut de Recherches sur la Catalyse et l'Environnement de Lyon, Institut de Veille Sanitaire, Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris, Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment, Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, Laboratoire du Génie de l'Environnement Industriel – antenne de Pau de l'École des Mines d'Alès, MEDIECO, Observatoire Régional de Santé d'Ile-de-France, SEPIA-Santé, Service des Études Médicales de EDF-Gaz de France, Université Bordeaux II – Équipe EA 3672 Santé Travail Environnement, Université de Caen, Vincent Nedellec Consultants.

Pour tout abonnement à la version électronique du bulletin, veuillez adresser vos coordonnées par email à : Corinne.Mandin@ineris.fr